

PENURUNAN BOD₅ DAN FENOL LIMBAH KAWASAN INDUSTRI DENGAN KETEBALAN MEDIA TRICKLING FILTER BERVARIASI

Aisyah Rahmatas Saumi dan Yayok Suryo Purnomo
Progdi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
e-mail : aisrahmatas@yahoo.com

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan jaman, maka kebutuhan manusia akan suatu produk juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan industri yang ada di Indonesia berkembang pesat sehingga menghasilkan buangan berupa limbah cair yang cukup banyak. Oleh karena itu dibangunlah sebuah sarana kawasan industri yang menampung seluruh buangan limbah tersebut. Salah satu kadar pencemar yang sering ditemukan pada air limbah kawasan industri yaitu BOD₅ dan Fenol. BOD₅ mewakili beban organik yang terdapat dalam air limbah, sedangkan Fenol merupakan suatu senyawa yang bersifat toksik atau berbahaya bagi manusia. Tujuan dari penelitian kali ini yaitu menurunkan kadar BOD₅ dan Fenol menggunakan teknologi pengolahan biologis trickling filter dengan memvariasikan debit aliran serta ketebalan media untuk mendapatkan hasil yang paling optimum. Awal dari proses ini yaitu dengan menumbuhkan biofilm pada media, proses ini meliputi seeding atau pengembang biakan bakteri alami (biofilm) dan aklimatisasi atau proses adaptasi biofilm terhadap air limbah. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa debit aliran yang paling optimum yaitu pada debit 100 mL/menit dan ketebalan media 50 cm, yang mana dapat menurunkan kadar BOD₅ hingga 86,9% dan kadar Fenol sebesar 54,3%.

Kata Kunci : Trickling Filter, Biofilm, Fenol

ABSTRACT

Along with the development of the age, then the human need for a product is also increasing. This causes the existing industries in Indonesian grow to rapidly as the produce of liquid waste. Therefore, the government built an industrial estate that accomodates all the waste disposal. One of the pollutants that often found in industrial wastewater are BOD₅ and Phenol. BOD₅ represent organic loads contained in wastewater, while Phenol is a compound that is toxic and harmful to humans. The purpose of this research is decrease BOD₅ and Phenol levels using biological trickling filter technology by varying flow rate and media thickness to get the most optimum result. The beginning of this process is by growing biofilm on media, this process includes seeding or breeding of natural bacteria and acclimatization or biofilm adaption process to wastewater. The result of this research shows that the most optimum flow discharge is 100 mL/minute and 50 cm thickness of media which can decrease BOD₅ to 86,9% and Phenol content is 54,3%.

Keywords :Trickling Filter, Biofilm, Phenol

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan jaman, kebutuhan manusia pun semakin meningkat sehingga menyebabkan tingkat produksi oleh suatu industri pun akan semakin meningkat pula. Semakin padat kegiatan industri menyebabkan semakin banyak pula limbah yang harus diolah, namun karena keterbatasan lahan maka saat ini semakin sulit untuk mendapatkan lokasi penempatan instalasi pengolahan. Oleh karena itu untuk memudahkan dan meminimalkan dampak lingkungan akibat limbah buangan industri, pemerintah mulai menggalakkan adanya pendirian kawasan industri.

Dengan adanya kawasan industri, maka limbah yang dihasilkan oleh industri dapat diolah secara komunal dalam satu instalasi pengolahan. Namun dikarenakan berasal dari berbagai macam industri, maka limbah yang diolah pun memiliki karakteristik yang sangat kompleks dengan kandungan beban pencemar yang cukup tinggi. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya terdapat kurang lebih 16 parameter pencemar yang harus diperhatikan sebelum limbah kawasan industri tersebut dibuang ke badan air. Dari sekian banyak parameter, terdapat dua pencemar yang akan diturunkan dalam penelitian ini yaitu BOD (Biological Oxygen Demand) dan senyawa fenol.

BOD (Biological Oxygen Demand) adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf and Eddy, 1991). Konsentrasi BOD pada limbah menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian yang tersuspensi, sehingga apabila nilai BOD tinggi, jumlah oksigen terlarut yang ada pada badan air pun

akan semakin berkurang, menimbulkan bau yang tidak sedap, dan mengakibatkan kematian pada biota air.

Sedangkan senyawa fenol adalah bahan toksik yang bisa menghambat proses degradasi biologi oleh mikroba tertentu (Metcalf and Eddy, 1991). Senyawa fenol dapat menimbulkan rasa dan bau tidak sedap, serta pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kematian organisme yang hidup didalam badan air. Pada manusia, konsentrasi pencemar yang tinggi dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti pada paru-paru, ginjal, dan limpa serta dapat menyebabkan kegagalan sirkulasi darah dan kematian akibat kegagalan pernafasan (Budi, Sukma 2011).

Sebelum keluar ke badan air, dibutuhkan pengolahan terhadap limbah kawasan industri, salah satunya adalah dengan menggunakan pengolahan biologis trickling filter. Trickling filter adalah sistem pengolahan aerobik yang memanfaatkan mikroorganisme melekat pada media untuk menghilangkan bahan organik dari limbah cair (EPA,2000). Pada pengaplikasian trickling filter, media memegang peranan cukup penting sehingga media harus bersifat kuat, keras, tahan tekanan, tahan lama, dan tidak mudah berubah bentuk. Menurut Metcalf and Eddy(1991), ketebalan media trickling filter rata-rata adalah 2 meter, sedangkan menurut Wardhana, 2004 dalam Sumansah, 2012, ketebalan media trickling filter minimum 1 meter dan maksimum 3-4 meter.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sumansah (2012), ketebalan media ditentukan dengan cara konversi yakni menggunakan perbandingan 1:10. Oleh karena itu pada penelitian kali ini akan dilakukan proses degradasi limbah pada reaktor trickling filter skala laboratorium menggunakan media bioball jenis rambutan berdiameter 5 cm dengan ketebalan media

yang dibuat berbeda yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm untuk mengetahui ketebalan media yang paling efisien untuk proses degradasi dalam reaktor trickling filter.

Selain memvariasikan ketebalan media, pada penelitian ini juga akan divariasikan debit aliran (mL/menit). Menurut Saifudin, 2005 dalam Sarasdewi, Ayu 2014 selain media filter, debit aliran juga merupakan faktor utama yang mempengaruhi hasil saringan dalam pengolahan limbah menggunakan sistem biofilter. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aji, Septian 2015 diketahui bahwa debit aliran terbaik yaitu 110 mL/menit dengan efisiensi penyisihan BOD₅ sebesar 79,89%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Okty, Parisa 2010 diketahui bahwa debit aliran terbaik yaitu 100mL/menit dengan efisiensi penyisihan BOD₅ sebesar 84,11%. Mengacu pada penelitian sebelumnya, maka pada penelitian kali ini debit aliran yang akan divariasikan yaitu 100 mL/menit, 200 mL/menit, 300 mL/menit, 400 mL/menit, dan 500 mL/menit. Hal yang menjadi pembeda dari penelitian sebelumnya yaitu variasi debit aliran, rasio resirkulasi, serta media filter yang digunakan.

METODE

Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan Penelitian

1. Air limbah

Air limbah yang digunakan adalah air limbah kawasan industri PT Surabaya Industrial Estate Rungkut.

2. Aquades

Peralatan Penelitian

1. Reaktor trickling filter, terbuat dari kaca dengan tebal 5 mm, ukuran reaktor yaitu 20 cm x 20 cm x 70 cm.

2. Bak penampung limbah dengan volume 50 L

3. Bak resirkulasi limbah dengan volume 50 L

4. Bak clarifier limbah dengan volume 19 L

5. Pipa pvc ukuran 1/2"

6. Keran

7. Pompa air

8. Aerator

9. Media bioball jenis rambutan, terbuat dari plastik pvc dengan diameter 5 cm

Variabel Penelitian

Variabel Perlakuan

1. Ketebalan media trickling filter (cm)

10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50

2. Debit Aliran (mL/menit)

100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500

Variabel Tetap

1. Volume reaktor = 28 L

2. Jenis media = bioball diameter 5 cm, terbuat dari plastik pvc

3. Jenis aerasi = aerasi merata

4. Rasio resirkulasi = 50%

5. pH = 6 – 9

6. Suhu = 25°C – 37°C

Parameter Diamati

a. Fenol

b. BOD₅

c. Suhu

d. pH

PEMBAHASAN

Analisa Awal

Tabel 1 Analisa Awal Limbah Kawasan Industri

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
BOD ₅	mg/L	821,56
Fenol	mg/L	12,9
pH	-	6,9
Suhu	°C	30

(Sumber: Hasil Analisis)

Setelah dilakukan analisa awal, maka akan dilakukan proses seeding atau proses penumbuhan biofilm pada media trickling filter. Apabila biofilm sudah bertumbuh lebih dari 80% maka dapat dilakukan proses selanjutnya yaitu aklimatisasi atau proses penyesuaian biofilm dengan limbah yang akan diproses. Setelah itu baru dapat dilakukan running atau proses degradasi. Seluruh proses tersebut dilakukan secara kontinyu dengan aliran downflow yaitu pengaliran berlanjut limbah kawasan industri melalui pipa distribusi dari atas reaktor menuju media berupa media bioball dengan jenis rambutan yang telah ditumbuhi oleh biofilm.

Seeding

Dalam proses pengolahan biologis dengan sistem attached growth, bakteri dibiarkan hidup pada media. Pengolahan dengan proses attached growth dilakukan dengan membiakkan mikroba pada padatan pendukung sehingga membentuk lapisan tipis yang disebut biofilm (Laksono, Sucipto 2012). Biofilm adalah lapisan yang terbentuk oleh koloni sel-sel mikroba dan melekat pada permukaan substrat, berada dalam keadaan diam, karakter berlendir, dan tidak mudah lepas (Madigan et al 1997 pada Laksono, Sucipto 2012).

Pada penelitian kali ini, mikroorganisme yang berasal dari limbah kawasan industri dibiarkan hidup pada media trickling filter berupa bioball dengan jenis rambutan. Untuk membentuk biofilm dilakukan proses seeding atau pembiakan mikroba secara alami, yaitu dengan langsung membiakkan mikroorganisme didalam reaktor dengan cara mengalirkan air limbah kawasan industri secara kontinyu kedalam reaktor.

Air limbah kawasan industri dipilih untuk pembiakan ini dikarenakan limbah kawasan industri mengandung sumber karbon yang cukup diperlukan mikroorganisme untuk hidup serta mikroorganisme yang terkandung

pada air limbah tersebut telah terbiasa dengan adanya senyawa-senyawa pencemar. Dengan demikian, proses pembiakan tidak perlu memakan waktu yang terlalu lama, dan juga sumber karbon tetap dijaga dengan cara menambahkan nutrisi.

Penyusunan media juga termasuk kedalam faktor penentu pertumbuhan biofilm. Jika tidak ada celah atau rongga pada media, air limbah tidak akan dapat menjangkau seluruh permukaan media (Jaya, Sumansah 2013). Pertumbuhan biofilm diamati selama 14 hari, air limbah dialirkan dengan debit 200 mL/menit secara kontinyu dengan aliran downflow. Proses seeding dianggap berhasil ditandai dengan permukaan media yang berubah menjadi agak licin dan berlendir apabila dipegang.



(Sumber : Hasil Analisis, 2017)

Gambar 1 Proses seeding yang menghasilkan biofilm

Aklimatisasi

Proses aklimatisasi adalah pengadaptasian mikroorganisme terhadap air limbah yang akan diolah. Akhir dari proses aklimatisasi adalah ketika lapisan biofilm yang terbentuk semakin tebal dan efisiensi penurunan konsentrasi COD cukup tinggi dan stabil (Laksono, Sucipto 2012). Aklimatisasi dilakukan hingga konsentrasi COD tidak mengalami perubahan yang cukup besar, yang mana pada saat itu bakteri telah dianggap aktif untuk proses degradasi (Wirda

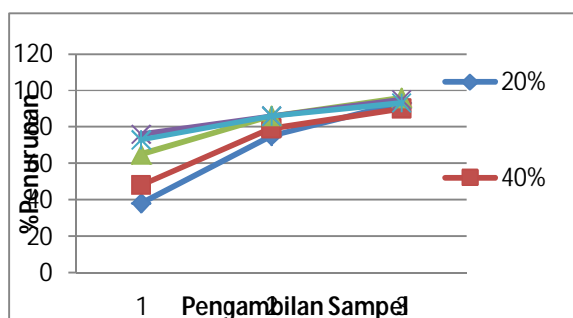
dan Handajani 2009 pada Laksono, Sucipto 2012).

Tahapan aklimatisasi perlu dilakukan karena pada dasarnya tujuan dari aklimatisasi adalah untuk mengadaptasikan mikroorganisme pada lingkungan yang berbeda agar tidak terjadi shock yang dapat membuat mikroorganisme yang telah terbentuk melalui biofilm menjadi mati dan tidak dapat mendegradasi faktor pencemar. Proses aklimatisasi berjalan seperti proses seeding, yaitu dengan mengalirkan air limbah dengan debit 200 mL/menit secara kontinyu dengan aliran downflow.

Tabel 2 Tahapan Aklimatisasi (Durasi 5 Hari)

Tahapan	Air Pengencer (%)	Air Limbah Kawasan Industri (%)
Tahap I	80	20
Tahap II	60	40
Tahap III	40	60
Tahap IV	20	80
Tahap V	0	100

(Sumber : Hasil Analisis, 2017)

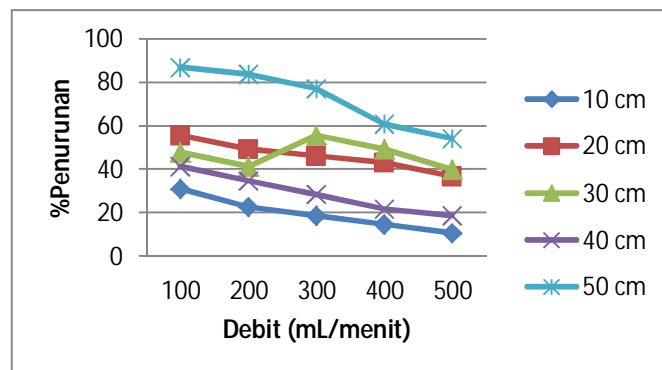


Gambar 2 Hubungan Antara Waktu Pengambilan Sampel Tiap Tahap Pengenceran dengan Penyisihan Kadar COD Pada Saat Aklimatisasi

(Sumber : Hasil Analisis, 2017)

Satu tahapan proses aklimatisasi dianggap berhasil yaitu diindikasikan dengan semakin meningkatnya efisiensi penghilangan COD, proses aklimatisasi dikatakan selesai apabila efisiensi penghilangan COD sudah mencapai 90% (Said, Nusa Idaman 2005). Pada

penelitian ini dapat dilihat bahwa pada pengambilan sampel ketiga, efisiensi penghilangan COD sudah mencapai lebih dari 90% sehingga proses aklimatisasi dianggap selesai dan dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.



Grafik 3 Hubungan Debit Aliran dan Ketebalan Media Terhadap Penyisihan BOD₅ (%) Setelah Proses Degradasi (Sumber : Hasil Analisis, 2017)

Grafik 4.2 menunjukkan hubungan variabel bebas terhadap variabel yang ditinjau yaitu kadar BOD₅. Pada masing-masing perlakuan terdapat interaksi antara debit aliran dan ketebalan media pada reaktor trickling filter terhadap penyisihan kadar BOD₅.

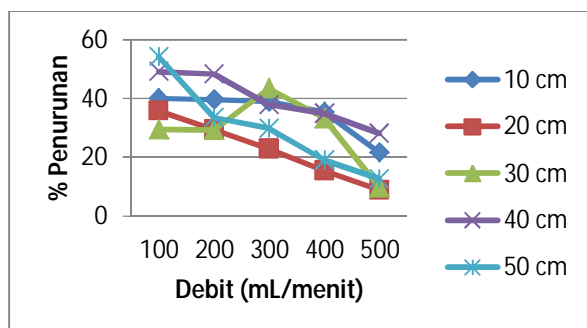
Dapat disimpulkan bahwa debit aliran terbaik terjadi pada debit 100 mL/menit yaitu dengan nilai penyisihan kadar BOD₅ mencapai 86,9%. Hasil ini sekaligus membuktikan pernyataan peneliti sebelumnya yaitu Sarasdewi, Ayu 2014 bahwa semakin lambat debit aliran maka efektivitas penurunan kadar pencemar semakin tinggi dan sebaliknya jika debit aliran semakin cepat maka efektivitas penurunan kadar pencemarnya semakin rendah. Hal ini dapat terjadi karena semakin lambat debit aliran maka waktu kontak yang dilakukan antara air limbah dengan biofilm pun semakin panjang. Proses penyaringan tidak akan dapat berjalan sempurna apabila debit aliran terlalu cepat melewati rongga

diantara media trickling filter (Sarasdewi, Ayu 2014).

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan pula bahwa penyisihan kadar BOD₅ terbaik pada ketebalan 50 cm dengan nilai penyisihan kadar BOD₅ mencapai 86,9%. Hasil ini sekaligus membuktikan pernyataan peneliti sebelumnya yaitu Nurulita, Ulfa 2010 bahwa semakin tebal/tinggi lapisan media filter maka efektivitas penurunan kadar pencemar semakin tinggi. Hal ini sekaligus membuktikan pernyataan Jaya, Sumansah 2013 bahwa media trickling filter memiliki peran besar sebagai tempat melekat biofilm yang berfungsi untuk mendegradasi bahan organik biodegradable yang ada dalam limbah.

Hal ini dapat terjadi karena semakin tebal media trickling filter, maka semakin luas pula permukaan yang dapat ditumbuhi oleh mikroorganisme. Permukaan media yang luas memungkinkan terjadinya pembentukan biofilm yang lebih banyak sehingga kandungan bahan pencemar yang didegradasi juga semakin besar.

Walaupun penyisihan kadar BOD₅ tertinggi mencapai 86,9% dengan kadar pencemar sebesar 107,95 mg/L namun hasil ini masih belum dapat memenuhi standar baku mutu air limbah kawasan industri pada Pergub Jatim Nomer 72 Tahun 2013 yaitu 50 mg/L.



Gambar 4 Hubungan Debit Aliran dan Ketebalan Media Terhadap Penyisihan Fenol (%) Setelah Proses Degradasi (Sumber : Analisa, 2017)

Grafik 4.3 menunjukkan hubungan variabel bebas terhadap variabel yang ditinjau yaitu kadar Fenol. Pada masing-masing perlakuan terdapat interaksi antara debit aliran dan ketebalan media pada reaktor trickling filter terhadap penyisihan kadar Fenol.

Dapat disimpulkan bahwa debit aliran terbaik terjadi pada debit 100 mL/menit yaitu dengan nilai penyisihan kadar Fenol mencapai 54,3%. Hasil ini sekaligus membuktikan pernyataan peneliti sebelumnya yaitu Sarasdewi, Ayu 2014 bahwa semakin lambat debit aliran maka efektivitas penurunan kadar pencemar semakin tinggi dan sebaliknya jika debit aliran semakin cepat maka efektivitas penurunan kadar pencemarnya semakin rendah. Hal ini dapat terjadi karena semakin lambat debit aliran maka waktu kontak yang dilakukan antara air limbah dengan biofilm pun semakin panjang. Proses penyaringan tidak akan dapat berjalan sempurna apabila debit aliran terlalu cepat melewati rongga diantara media trickling filter (Sarasdewi, Ayu 2014).

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan pula bahwa penyisihan kadar Fenol terbaik pada ketebalan 50 cm dengan nilai penyisihan kadar BOD₅ mencapai 54,3%. Hasil ini sekaligus membuktikan pernyataan peneliti sebelumnya yaitu Nurulita, Ulfa 2010 bahwa semakin tebal/tinggi lapisan media filter maka efektivitas penurunan kadar pencemar semakin tinggi. Hal ini sekaligus membuktikan pernyataan Jaya, Sumansah 2013 bahwa media trickling filter memiliki peran besar sebagai tempat melekat biofilm yang berfungsi untuk mendegradasi bahan organik biodegradable yang ada dalam limbah.

Hal ini dapat terjadi karena semakin tebal media trickling filter, maka semakin luas pula permukaan yang dapat ditumbuhi oleh mikroorganisme. Permukaan media yang luas memungkinkan terjadinya pembentukan biofilm yang lebih banyak sehingga

kandungan bahan pencemar yang didegradasi juga semakin besar.

Hasil dari penelitian ini sekaligus membuktikan bahwa pengolahan menggunakan trickling filter dapat mendegradasi senyawa Fenol dengan cukup baik yaitu mencapai 54,3%, namun hasil ini masih belum cukup baik jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nurita, Sukma 2010 menggunakan lumpur aktif anaerob yaitu dengan penyisihan mencapai 99,87% dan penelitian yang dilakukan Luvita, Venny 2012 menggunakan reaktor hibrida plasma dingin yaitu dengan penyisihan mencapai 88,58%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengolahan dengan menggunakan teknologi trickling filter dapat menurunkan kadar BOD₅ pada limbah kawasan industri dengan efisiensi penyisihan sebesar 86,9%.
2. Pengolahan dengan menggunakan teknologi trickling filter dapat menurunkan kadar Fenol pada limbah kawasan industri dengan efisiensi penyisihan sebesar 54,3%.
3. Ketebalan media yang paling efektif untuk menurunkan kadar BOD₅ dan Fenol pada limbah kawasan industri yaitu 50 cm. Semakin tebal media yang digunakan maka akan semakin besar luas permukaan yang dapat ditumbuhi oleh biofilm sehingga proses degradasi akan berjalan semakin baik.
4. Debit aliran yang paling efektif untuk menurunkan kadar BOD₅ dan Fenol pada limbah kawasan industri yaitu 100 mL/menit. Semakin kecil debit aliran yang digunakan, maka akan semakin lama waktu kontak antara limbah dengan

biofilm sehingga proses degradasi akan berjalan semakin baik.

5. Hasil pengolahan air limbah pada penelitian ini belum mencapai standar baku mutu air limbah kawasan industri pada Pergub Jatim Nomer 72 Tahun 2013 yaitu kadar BOD₅ sebesar 50 mg/L dan kadar Fenol sebesar 1 mg/L.

Saran

1. Dalam melakukan pengambilan sampel air limbah harus dilakukan pada saat yang sama agar tidak ada kerancuan dalam karakteristik awal limbah.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai ketebalan biofilm.
3. Perlu dilakukan adanya proses filtrasi terlebih dahulu dikarenakan TSS pada limbah kawasan industri cukup tinggi sehingga dapat mengakibatkan pipa distribusi tersumbat dan debit aliran tidak sesuai.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memvariasikan debit aliran yang lebih kecil untuk mendapatkan efisiensi penyisihan yang lebih tinggi.
5. Perlu dilakukan penelitian dengan memvariasikan berbagai jenis media trickling filter selain bioball untuk mengetahui jenis media yang paling efektif sebagai media pertumbuhan biofilm.
6. Dalam melakukan penelitian skala laboratorium dengan memvariasikan ketebalan media diharapkan menggunakan reaktor sebanyak variasi ketebalan media yang dilakukan agar tidak mengalami kerancuan dalam kuantitas biofilm yang tumbuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. <http://indonesian.alibaba.com> . 21 April 2017
- Anonim. 2010. <http://jinhuiimo.en.alibaba.com> . 21 April 2017

- Anonim. 2010. <http://small-boss.en.alibaba.com> . 21 April 2017
- Anonim. 2010. <http://wikipedia.com> . 7 Mei 2017
- Aji, Septian. 2015. Penurunan Bahan Organik (BOD & Fosfat) Pada Limbah Laundry Dengan Sistem Biofilter Fakultatif. Teknik Lingkungan. UPN "Veteran" Jawa Timur. Surabaya
- EPA. 2000. Wastewater Technology Fact Sheet Trickling Filters. Washington D.C.
- Fernandes, Agustin. 2012. <http://kimiatipt.blogspot.co.id> . 20 Februari 2017
- Jahagirdar, Shrikant. 2012. <http://slideshare.net> . 1 Desember 2017
- Jaya, Sumansah. 2013. Efektivitas Penurunan BOD₅ Limbah Cair Rumah Tangga Pada Berbagai Media Trickling Filter. Ilmu Perikanan dan Kelautan. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- Laksono, Sucipta. 2012. Pengolahan Biologis Limbah Batik Dengan Media Biofilter. Teknik Lingkungan. Universitas Indonesia. Depok
- Metcalf and Eddy. 1991. Wastewater Engineering Treatment And Reuse. Mc. Grawhill. New York. America
- Nurullita, Ulfa. 2010. Manipulasi Waktu Tinggal Dan Tebal Media Filter Tempurung Kelapa Terhadap Penurunan BOD Dan TSS Air Limbah Rumah Tangga. Kesehatan Masyarakat. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang
- Rosi, Jayanti Eka. 2016. Kemampuan Beberapa Jenis Bakteri Dalam Mereduksi Polutan Limbah Laundry. Teknik Lingkungan. UPN "Veteran" Jawa Timur. Surabaya
- Said, Nusa Idaman. 2005. Aplikasi Bio-Ball Untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans. Jakarta: Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan
- Said, Nusa Idaman. 2010. Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Trickling Filter. Jakarta: Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan
- Sugiharto. 1987. <http://indonesian-publichealth.com> . 20 Februari 2017
- Yahya, Fahrul. 2012. Studi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Biofilter Menggunakan Media Bioball Dan Eceng Gondok. Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya